

# Le cortège floristique des sols polygonaux dans les alpes valaisannes

Claude Béguin<sup>1</sup>, Mélanie Progin Sonney<sup>2</sup> & Michel Vonlanthen<sup>3</sup>

Bull. Murithienne 126/2008 : 47-51 (2009)

*Travail en hommage au Professeur Konrad Lauber*

**A** environ 3000 m d'altitude, sur des surfaces presque horizontales, l'alpiniste attentif observe parfois des sortes d'alvéoles d'environ un mètre de diamètre composées de fragments de roches plus ou moins dressés. Travaillés et triés par la glace, ces sols disposent leurs cailloux selon d'étranges tracés ressemblant à des nids d'abeilles. Ces dispositifs en mosaïque, bien que spectaculaires et facilement reconnaissables, sont rares dans les Alpes. Ils abritent une combinaison caractéristique de plantes arctico-alpines\* d'une grande beauté et spécialement adaptées\* pour lutter dans des conditions de vie extrêmes. Les auteurs présentent ce cortège d'espèces aux étages alpin supérieur et sub-nival. Ils analysent les facteurs écologiques déterminant cet ensemble floristique typique.

L'astérisque \* renvoie au lexique en fin d'article.

**D**ie botanische Vielfalt der polygonalen Böden der Walliser Alpen.– Auf rund 3000m Meereshöhe, auf fast ebenen Flächen, kann der aufmerksame Alpinist manchmal eine Art Einbuchtungen, so genannte Alveolen, von etwa 1m Durchmesser, zusammengesetzt aus mehr oder weniger aufgestellten Steinsegmenten, beobachten. Vom Eis bearbeitet und sortiert, präsentieren diese Böden ihre Steine in wunderlicher Form, ähnlich Bienenwaben. Diese mosaikartige Anordnung, spektakulär und leicht erkennbar, bleibt doch eine Seltenheit in den Alpen. Sie beherbergen eine charakteristische Kombination von arktisch-alpinen Pflanzen, von einer aussergewöhnlichen Schönheit und speziell an die extremen Lebensbedingungen angepasst. Die Autoren stellen diese Artenvielfalt auf der oberen alpinen und subnivalen Vegetationsstufe. Die ökologischen Faktoren, welche diese typische floristische Ganzheit bestimmen, werden analysiert.

## Mots clés

cryoturbation\*,  
sols structurés,  
végétation arctico-alpine,  
adaptation,  
changements climatiques,  
écologie alpine

## Schlüsselwörter

Kryoturbation,  
strukturierte Böden,  
arktisch-alpine Vegetation,  
Anpassung, Klimawandel,  
alpine Ökologie

<sup>1</sup> CH-2067 Chaumont  
clfbegu@bluewin.ch

<sup>2</sup> CH-1633 Marsens  
melprogin@gmail.com

<sup>3</sup> CH-1727 Corpataux  
mic.vonlanthen@bluewin.ch

## Une formation mystérieuse

Toute la lumière n'est pas faite sur les sols polygonaux, forme périglaciaire faisant partie des sols structurés, triés par le gel «patterned ground» (WASBURN 1979, FRENCH 1996). Il existe une liste des origines possibles de ces mesopolygones (diamètres compris entre 0.6 et 3 m). On admet généralement que la formation de ces micro-systèmes particulièrement froids débute par des fentes de rétraction dues à la dessiccation par le gel. Après d'abon-

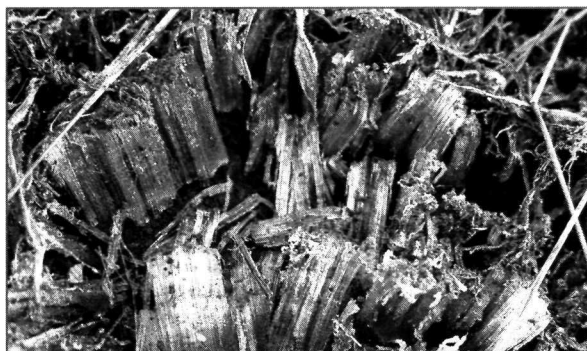


FIGURE 1 – Aiguilles de glace ou «pipkrake» soulevant les fragments rocheux du sol et déchaussant les plantules alpines. – PHOTO SÉBASTIEN MORARD

dantes précipitations, les brusques chutes de température «pics de froid» ont pour conséquence le soulèvement des sédiments et des débris rocheux par les aiguilles de glace «pipkrake» (fig.1). Ces débris, ainsi pris en charge, tombent de côté dans les fentes lors du dégel (PISSART 1973, 1987). Le triage de ces matériaux meubles ou sols fluents «mollisol» se fait non seulement par des mouvements verticaux (aiguilles et lentilles de glace), «frostheave» mais aussi par des pressions latérales (COUTARD *et al.* 1985, 1988, VLIET-LANOË 2000). Les processus d'évaporation, de congélation et le nombre de cycles gel-dégel facilitent le soulèvement du sol et des cailloux (fig.3). Ils sont accentués par des systèmes de ventilation sur les cols (passages forcés du vent).



FIGURE 2 – Motif formé par un sol polygonal alpin. – PHOTO MICHEL VONLANTHEN

## La rareté des sols polygonaux

Les sols polygonaux sont fréquents dans les zones arctiques où ils ont attiré l'attention de nombreux chercheurs. Par contre, peu de stations sont signalées dans les Alpes. C'est surtout dans le Haut-Val de Réchy (TENTHOREY 1993) et la région de Lona (GERBER 1994) que l'on rencontre une grande diversité de sols polygonaux (dessins analogues au maillage d'un filet) (fig. 2 et 4), plus ou moins bien développés entre 2700 et 3000 m d'altitude. Les auteurs ont aussi effectué des relevés sur la rive droite du Rhône (à la Plaine Morte et au pied sud du Wildhorn) (CAMPICHE 1986) ainsi qu'au Col de Breona (GOLAZ 1995). Ils ont trouvé récemment deux nouveaux endroits au-dessus de la cabane Gandegg (Zermatt) et au bord du glacier des Diablerets.

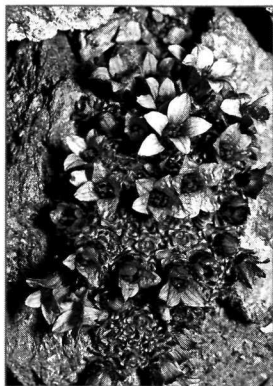
## Les facteurs écologiques

Des schistes, des limons, de l'eau et des gels carabiniés. Les sols polygonaux, situés sur des replats (fig.3), sont parfois surmontés par des affleurements rocheux de



FIGURE 3 – Petit col de flanc (au-dessus de la cabane des Bacs de Bosson). Accumulation de limons et de schistes. Ruissellement diffus de névés. Géliturbation intense et fréquente, accentuée par compression et déflation du vent. – PHOTO MÉLANIE PROGIN SONNEY

FIGURE 4 – Bord de lac peu profond de l'étage alpin supérieur (au-dessous de la cabane des Bacs de Bosson). Sols polygonaux situés entre les limites moyennes des hautes eaux et des basses eaux (submersion temporaire). – PHOTO CLAUDE BÉGUIN



#### «COMBINAISON CARACTÉRISTIQUE» DE QUATRE PLANTES ALPINES : SIGNATURE DES SOLS POLYGONAUX

FIGURE 5 – Cette plante à rosette (*Saxifraga oppositifolia*), «se serre les coudes» pour mieux résister au vent glacial. Elle offre des tiges horizontales épaisses et des feuilles opposées, compressées.

FIGURE 6 – Sur les sols polygonaux, le pâturin des Alpes (*Poa alpina*) présente le plus souvent des épillets vivipares\*. La reproduction se fait par des organes spécialisés, les bulbilles, qui remplacent les fleurs (exemplaire de gauche sur la photo).

FIGURE 7 – La sagine fausse sagine (*Sagina saginoides*) est une indicatrice de sols à humidité variable; où pousse la sagine, le sol peut être considérablement plus humide après les précipitations et plus sec après les périodes sèches par rapport à l'humidité moyenne du sol. La sagine est l'espèce la plus fidèle aux sols polygonaux des Alpes.

FIGURE 8 – Le cresson des chamois à tige courte (*Pritzelago alpina* subsp. *brevicaulis*) reste appliqué au sol. Ses grappes fructifères ne s'allongent pas et supportent mieux le vent. Avec ses 2 ou 3 cm de hauteur, cette espèce de l'étage sub-nival offre un bel exemple de nanisme. Il est prouvé que les basses températures nocturnes renforcées par l'intensité des radiations solaires en altitude freinent l'allongement des tiges créant des plantes alpines petites, «ramassées» aux fleurs densément regroupées. – PHOTOS KONRAD LAUBER

calcschistes, de micaschistes ou de schistes lustrés qui se débitent en plaquettes et qui s'accumulent sur la fraction minérale fine et poreuse du sol (limon). L'alimentation en eau se fait par un dispositif d'horizons humides avec ruissellement diffus en surface ou en profondeur. La proximité d'un petit lac à niveau fluctuant l'été (fig.4) peut jouer un rôle favorable compensatoire en remplaçant l'eau de fonte d'un névé asséché. Le facteur écologique le plus important, le moteur de sélection, est la cryoturbation\*, processus dans lequel la force et la fréquence des vents jouent un rôle important spécialement dans le nombre de cycles gel-dégel.

### Végétation «spécialisée»

Les brusques changements de température et d'humidité du sol, la brièveté de la période de végétation, la glace et les vents violents ou encore le bombardement de

rayons ultra-violet ne constituent pas des obstacles suffisants au développement de la végétation sur les sols gelés en polygones (KÖRNER 2003).

Les plantes de haute montagne sont suralimentées. Cette suralimentation serait due à la vive luminosité du milieu qui, en favorisant l'assimilation du carbone par les feuilles, entraîne une plus importante production de sucres fonctionnant comme antigel (FAVARGER & ROBERT 1995). Les sols polygonaux abritent des espèces capables d'endurer non seulement les effets du gel et de la glace, mais aussi d'autres facteurs écologiques limitants comme des alternances de périodes très sèches suivies de périodes très humides. Pour résister au déracinement, à l'assèchement et à l'arrachement par le vent ces mêmes espèces doivent également développer un important jeu de racines (rhizomasse) parfois six fois plus grand que l'ensemble feuilles/tige (phytomasse).

Aux limites possibles de la vie, des procédés plus ingénieux les uns que les autres permettent à quelques espèces vasculaires de subsister. La glace, apparaissant sous différentes formes (aiguilles, lentilles) dans les sols polygonaux, est un facteur déterminant dans la sélection des mécanismes et des comportements qui permet à un ensemble de plantes caractéristiques, compagnes voire accidentelles (fig. 5-15) de s'y installer (AESCHIMANN *et al.* 2006, LAUBER & WAGNER 2007).

A travers ces quelques exemples d'adaptation, on découvre avec autant d'étonnement que d'admiration les moyens originaux mis en œuvre par la nature pour faire face aux dures conditions climatiques de la haute montagne.

### Indicateurs climatiques

Toutes les espèces d'une communauté écologique possèdent un remarquable pouvoir indicateur du milieu dans lequel elles vivent. Leurs capacités physiologiques et la compétition des autres organismes ne leur permettent de vivre que dans certaines conditions bien déterminées. L'espèce végétale est donc un révélateur, un intégrateur de facteurs écologiques (climatique et édaphique). Selon une échelle de 1 à 5, des chercheurs, en fonction de leur expérience et de leurs observations, ont attribué une



valeur indicatrice pour une douzaine de facteurs. C'est ainsi que la renoncule des glaciers possède une valeur bioindicatrice de 3 concernant l'humidité du sol, de 1 pour la température moyenne à laquelle la plante est soumise pendant sa période de végétation, de trois pour le degré de continentalité (LANDOLT 1977). Un système de pondération en fonction du

nombre et du recouvrement des plantes ainsi que différents ajustements permettent des estimations plus précises. En l'occurrence, on peut définir les conditions d'existence et plus spécialement les conditions climatiques actuelles de l'écosystème «sols gelés en polygones». Si la composition floristique des sols polygonaux venait à changer, il serait finalement possible de comparer et de chiffrer brièvement et simplement les modifications dans le temps et dans l'espace, notamment en cas de changement climatique (GUISAN & al. 1998, HAEGERLI & BENISTON 1998, THEURILLAT & al. 1998).

## En voie de disparition

L'association végétale spécialisée des sols polygonaux risque non seulement de disparaître de son emplacement actuel suite au réchauffement climatique, mais même de disparaître complètement des Alpes. En effet, d'une part la superficie potentiellement disponible pour l'étage alpin sera réduite de 66% et celle de l'étage nival de 86% pour un réchauffement de 3,3° C. (THEURILLAT & GUISAN 2001). D'autre part, la proportion des fortes pentes, impropres au déroulement des processus géomorphologiques impliqués dans la formation de sols polygonaux, augmentera fortement aux étages nouvellement disponibles. La poursuite des études de la flore, de la végétation (phytosociologie) et des paysages végétaux (symphtosociologie) aidera à mettre en évidence ces changements. A ce propos, les auteurs remercient d'avance les personnes qui voudront bien leur signaler de nouveaux emplacements de sols polygonaux rencontrés lors de leurs excursions (renseignements à adresser à Claude Béguin, 2067 Chaumont).

## SIX «BONNES ESPÈCES COMPAGNES» DES SOLS POLYGONAUX ALPINS

FIGURE 9 – Le spécialiste que l'on rencontre le plus souvent sur les sols polygonaux calcaires est le céraïste à larges feuilles (*Cerastium latifolium*) qui appartient au groupe des «céraïstes de glaciers». Il prête son nom pour désigner la sous-association *cerastietosum* du *Saxifraga oppositifoliae-Poetum alpinae* (BÉGUIN et al. 2006). Avec ses feuilles fermes et un peu charnues couvertes de poils courts et denses, il possède un revêtement que certains considèrent comme une protection contre le froid intense et qui permettrait aussi de lutter contre l'humidité et les ultraviolets.

FIGURE 10 – La drave de Hoppe (*Draba hoppeana*) ne descend généralement pas au-dessous de 2800 m. Son terrain de prédilection est une terre minérale fine et relativement humide sur des schistes feuilletés.

FIGURE 11 – Le tabouret à feuilles rondes (*Thlaspi rotundifolium*) rampe avec ses longues souches gazonnantes sur les terrains instables. Cette figure illustre bien le fait que les espèces alpines disposent de fleurs et d'inflorescences plus grandes et à plus forte intensité de couleurs que leurs congénères de plaine.

FIGURE 12 – Le *Silene exscapa* est l'espèce choisie comme différentielle de la végétation des sols polygonaux sur terrains siliceux (*Saxifraga oppositifoliae-Poetum alpinae silenetosum*). Pour survivre, le silène sans pédoncule adopte un «système D»: le port en coussinet. Toutes les fleurs se regroupent en une calotte hémisphérique aérodynamique pour mieux faire face au vent, au gel et à la dessiccation. Chaque année, le silène est capable de composter sur place sa propre matière organique (fleurs, feuilles et nombreuses tiges courtes ramifiées). Par apposition de couches successives d'humus, il constitue finalement un véritable réservoir d'eau et de nutriments.

FIGURE 13 – La renoncule des glaciers (*Ranunculus glacialis*) bat des records d'altitude jusqu'au sommet du Finsteraarhorn à 4275 m, par exemple. Elle témoigne d'une parfaite adaptation hypsophile\*. L'efficacité de sa photosynthèse aux basses températures est remarquable.

FIGURE 14 – Le *Ligusticum mutellinoides* possède des feuilles toutes basales résistantes au vent sur les cols. Le limbe ne dépasse pas 5 cm de long. Les fleurs sont densément regroupées en ombellules. On retrouve chez cette ombellifère quelques unes des stratégies de réduction mises en œuvre pour vaincre des conditions de vie difficiles. – PHOTOS KONRAD LAUBER





EXEMPLE D'UNE ESPÈCE ACCIDENTELLE

FIGURE 15 – La linaire des Alpes (*Linaria alpina*) ne passe pas inaperçue avec ses couleurs vives résultant d'une forte concentration en pigments anthocyaniques (sorte d'antigel sucré et coloré) pour abaisser le point de congélation, se protéger des UV et attirer les insectes. – PHOTO KONRAD LAUBER

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Augustin Schmid pour la traduction du résumé de même que Jacqueline Détraz-Méroz, Pascal Vittoz, Jean-Paul Theurillat et Charly Rey pour leur lecture critique et les commentaires du manuscrit.

## BIBLIOGRAPHIE

- AESCHIMANN, D., K. LAUBER, D. MARTIN MOSER & J.-P. THEURILLAT 2006. *Flora alpina*, Belin, Paris.
- BÉGUIN, C.L., M. PROGIN SONNEY & M. VONLANTHEN 2006. La végétation des sols polygonaux aux étages alpin et subnival en Valais (Alpes centro-occidentales, Suisse). *Botanica helvetica* 116: 41-54.
- CAMPICHE, M.P. 1986. *Cartographie et étude de phénomènes périglaciaires dans les Hautes Alpes calcaires*. Mémoire de licence, Institut de Géographie, Université de Lausanne, Suisse.
- COUTARD, J.P., J.C. OZOUF & J.P. LAUTRIDOU 1985. *Solifluxion et cryoclastie de parois rocheuses: approche quantitative de phénomènes périglaciaires*. 53<sup>e</sup> Congrès de l'Assoc. Canadienne-Française pour l'avancement des sciences, Chicoutimi 1985.
- COUTARD, J.P., B.V. VLIET-LANOË & A.-V. AUZET 1988. Frost heaving and frost creep on an experimental slope: results for soil structures and sorted stripes. *Zeitschrift für Geomorphologie* 71: 13-23.
- FAVARGER, C.L. & P.-A. ROBERT 1995. *Flore et végétation des Alpes*, tome 1, troisième édition, Delachaux et Niestlé, Lausanne – Paris.
- FRENCH, H.M. 1996. *The Periglacial Environment*. 2nd ed. Longmann, England.
- GERBER, E. 1994. *Geomorphologie und geomorphodynamik der Region Lona-Sasseneire (Wallis, Schweizer Alpen) unter besonderer Berücksichtigung von Lockersedimenten mit permafrost*. Thèse de doctorat N°1060, Institut de Géographie, Université de Fribourg, Suisse.
- GOLAZ, F. 1995. Le Val de Moiry, Valais; morphologie glaciaire. Travaux et recherches N°13, Institut de Géographie, Université de Lausanne, Suisse.
- GUIBAN, A., J.-P. THEURILLAT & F. KIENAST 1998. Predicting the potential distribution of plant species in an alpine environment. *J. Veg. Sci.* 9: 65-74.
- HAEBERLI, W. & M. BENISTON 1998. Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps. *Ambio* 27: 258-265.
- KÖRNER, C. 2003. *Alpine Plant Life*. Springer, New York.
- LANDOLT, E. 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. *Veröff. Geobot.Inst. ETH* 64: 1-207.
- LAUBER, K. & G. WAGNER 2007. *Flora Helvetica*, 3<sup>e</sup> éd. Traduction de l'allemand et adaptation E. Gfeller, Haupt, Berne – Stuttgart – Vienne.
- PISSART, A. 1973. L'origine des sols polygonaux et striés du Chambeyron (Basses Alpes). Résultats d'expériences de terrain. *Bull. Soc. Geogr. Liège* 9: 33-53.
- 1987. *Géomorphologie périglaciaire*. Edition Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire. Liège.
- TENTHOREY, G. 1993. *Paysages géomorphologiques du Haut-Val de Réchy (Valais, Suisse) et hydrologie liée aux glaciers rocheux*. Thèse de doctorat N° 1044, Institut de Géographie, Université de Fribourg, Suisse.
- THEURILLAT, J.-P., F. FELBER, P. GEISLER, J.M. GOBAT, M. FIERZ, A. FISCHLIN, P. KÜPPER, A. SCHLÜSSEL, C. VELUTTI & G.-F. ZHAO 1998. Sensitivity of plants and soils in ecosystems of the Alps to climate change. In: Cebon P., Dahinden U., Davies H.C., Imboden D. & Jaeger C.C. (Eds). *Views from the Alps: Regional perspectives on Climate Change*. MIT Press, Cambridge, MA: 225-308.
- THEURILLAT, J.-P. & A. GUIBAN 2001. Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: a review. *Climatic change* 50: 77-109.
- VLIET-LANOË, B.V. 2000. *La planète des glaces*. Vuibert. Paris.
- WASBURN A.L. 1979. *Geocryology, a survey of periglacial processes and environments*, 2nd ed. Edward Arnold. London.

## LEXIQUE

**arctique**: il est indispensable de préciser que bon nombre de plantes alpines ne sont pas nées sur les sommets où nous les voyons aujourd'hui.

**adaptation**: par adaptation au milieu alpin, on entend toute une série de modifications complexes qui se produisent sous l'effet de l'altitude.

**cryoturbation**: déplacement, sous l'action du gel et du dégel, des éléments de la couche superficielle du sol.

**vivipare**: chez les végétaux, se dit des bourgeons terminaux foliacés qui se séparent de la plante-mère et qui s'enracinent. Ils assurent la reproduction de la plante sans fécondation. Exemple: le pâturin des Alpes.

**hypsofile**: adaptation aux altitudes élevées.

